

**EXECUTIVE MASTER**

# MOTORI, AZIONAMENTI ELETTRICI E SISTEMI DI ACCUMULO

DALLE APPLICAZIONI INDUSTRIALI  
ALLA MOBILITÀ, DALLE BATTERIE  
ALLE FUEL CELLS

Edizione 2024

**48 ORE**

In collaborazione con



**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di  
Ingegneria "Enzo Ferrari"



RETE ALTA TECNOLOGIA  
EMILIA-ROMAGNA  
HIGH TECHNOLOGY NETWORK  
**TECNOPOLO MODENA**



# Motori, Azionamenti elettrici e Sistemi di accumulo: dalle applicazioni industriali alla mobilità, dalle batterie alle fuel cells

In un periodo storico che si sta muovendo sempre di più verso un'ottica di **sostenibilità**, il motore elettrico rappresenta il motore green per eccellenza. Il compito a cui deve assolvere è uno solo: trasformare l'energia al fine di produrre movimento. Ma il costante progresso a cui assistiamo ci costringe ad affrontare sfide sempre nuove legate all'evolversi delle esigenze e degli scenari tecnologici sempre più avanzati, come quella di soddisfare la richiesta di tempi di ricarica più brevi o di una maggiore leggerezza della batteria, ma anche la conformità ai nuovi requisiti di sicurezza, l'aumento dei costi e non ultimo la salvaguardia di qualità, durata e prestazioni. Per massimizzare i benefici e le opportunità che possono essere prodotti è quindi necessario rimanere aggiornati e competitivi su diversi fronti come **l'efficienza energetica** del motore, che incide direttamente su aspetti come la durata della batteria, i costi e la sostenibilità; **la potenza**, particolarmente importante per applicazioni come **l'automotive, l'aeronautica e la robotica**, dove sono richieste alte prestazioni in spazi ristretti; **l'affidabilità**, che comporta una comprensione approfondita dei materiali e delle tecniche di produzione utilizzati, nonché una buona progettazione e conoscenza dell'elettronica di potenza e di controllo. Lo stimolo derivante dal processo di elettrificazione richiede pertanto un'**azione trasversale di aggiornamento costante e continuo** che passa dal rafforzamento della collaborazione tra imprese e ricerca, dal potenziamento delle competenze tecnologiche elettriche, fino alla diffusione della consapevolezza relativa ai benefici dell'elettrificazione e ad una conoscenza approfondita di tutti gli aspetti ad essa correlati.

Il **corso**, proposto da Fondazione Democenter in collaborazione con il MELting Lab (Laboratorio di Macchine e Azionamenti Elettrici) del Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari dell'Università di Modena e Reggio Emilia, si rivolge ad aziende che operano in diversi settori industriali che utilizzano motori elettrici (trasporti, macchine motrici e operatrici off-highway, automazione industriale, macchine utensili CNC, robotica, ecc.). L'iniziativa prevede **due moduli**, uno di base e uno avanzato, della rispettiva durata di **27 e 21 ore**. Il modulo base si propone di fornire conoscenze iniziali tecniche e specifiche relative alle caratteristiche costruttive, al funzionamento, al controllo e all'impiego dei diversi tipi di motori elettrici. Il modulo avanzato invece, partendo dalle conoscenze di base apprese nel primo modulo, vuole fare un affondo verticale e puntuale su argomenti specifici come il controllo delle macchine sincrone, la progettazione delle macchine elettriche e i convertitori di potenza. Questo secondo modulo può essere visto sia come continuazione di quello base oppure come corso a sé stante. In quest'ultimo caso come requisito vengono richieste ai partecipanti conoscenze pregresse su elettrotecnica e teoria dei controlli; principi costruttivi, principi di funzionamento ed equazioni fondamentali delle macchine elettriche sincrone e asincrone a flusso radiale; conoscenze base dei dispositivi e convertitori elettronici di potenza.

Alla fine del primo modulo, i partecipanti saranno in grado di selezionare un motore elettrico comprendendone le caratteristiche, le specifiche tecniche, le normative, gli accoppiamenti e dialogare in modo efficace con i fornitori al fine di gestire correttamente il processo di scelta, confronto e acquisto. Alla fine del secondo modulo i partecipanti avranno acquisito e sviluppato competenze specifiche relative alla progettazione.



MODULO BASE: **23 GENNAIO, 6, 13 E 22 FEBBRAIO 2024**

MODULO AVANZATO: **28 MAGGIO, 4 E 11 GIUGNO 2024**



**9:00 – 17:00**



**TECNOPOLO DI MODENA** - Via P. Vivarelli 2, 41125 Modena

## DOCENTI

**Prof. Giovanni Franceschini**, Dipartimento DIEF - *Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia*

**Prof. Davide Barater**, Dipartimento DIEF - *Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia*

**Dr. Stefano Nuzzo**, Dipartimento DIEF - *Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia*



## OBIETTIVI

Il corso si pone l'obiettivo di fornire conoscenze approfondite:

- Sulle funzioni e sulle caratteristiche fondamentali dei componenti di base degli azionamenti elettrici: *convertitori, attuatori, carichi, sistemi di controllo e interfacce utente*;
- Sulla dinamica del motore elettrico – carico meccanico e illustrazione delle più tipiche traiettorie del moto;
- Sui materiali conduttori, isolanti e magnetici dolci e duri, sulla conversione elettromeccanica, sulle perdite e sul rendimento delle macchine elettriche;
- Sulle caratteristiche costruttive, il principio di funzionamento, le equazioni fondamentali, le caratteristiche meccaniche e gli schemi di controllo del motore in corrente continua a campo avvolto e a magneti permanenti;
- Sulla dinamica in assi D e Q delle macchine sincrone a magneti permanenti superficiali e interni e a riluttanza e a campo avvolto;
- Sull'utilizzo dei sistemi di accumulo come batterie, supercondensatori e Fuel cells a idrogeno;
- Sulla progettazione elettromagnetica preliminare e di dettaglio delle macchine elettriche;
- Sulla conversione statica di potenza.

Infine, ha l'obiettivo di far comprendere i principi che sono alla base della conversione statica dell'energia, fornire conoscenze sui componenti elettronici di potenza e sul loro impiego nei convertitori e acquisire strumenti e metodologie utili per la corretta esecuzione di test sperimentali sulle macchine elettriche.

## DESTINATARI

Personale tecnico delle aree Progettazione/Ufficio Tecnico, Ricerca & Sviluppo, Sperimentazione, Commerciale e assistenza post-vendita.

### **Requisiti:**

*Per la partecipazione al modulo avanzato è richiesta la precedente partecipazione al modulo base (anche degli anni passati) oppure:*

- *conoscenze base di elettrotecnica e teoria dei controlli;*
- *conoscenze specifiche sui principi costruttivi, principi di funzionamento ed equazioni fondamentali delle macchine elettriche sincrone e asincrone a flusso radiale;*
- *conoscenze di base dei dispositivi e convertitori elettronici di potenza.*

# PROGRAMMA

## MODULO BASE – 27 ORE

### MARTEDI 23 GENNAIO 2024, 9:00 – 17:00

#### Introduzione agli azionamenti elettrici:

- Definizioni e componenti
- Dinamica motore – carico
- Sovraccaricabilità e regioni di funzionamento degli azionamenti

#### Introduzione ai motori elettrici:

- Panoramica sulle tipologie di motore elettrico
- Materiali, perdite e rendimento
- Linee guida per il dimensionamento dei motori elettrici

### MARTEDI 6 FEBBRAIO 2024, 9:00 – 17:00

#### Macchina in corrente continua:

- Principi costruttivi
- Principi di funzionamento
- Circuiti equivalenti e caratteristiche meccaniche

#### Controllo della macchina in corrente continua:

- Cenni di teoria dei controlli
- Controllo ad alta dinamica
- Scelta dei parametri del controllore
- Simulazione in ambiente Simulink

### MARTEDI 13 FEBBRAIO 2024, 9:00 – 17:00

#### Macchine sincrone e asincrone:

- Richiami sui sistemi trifase
- Principi costruttivi, principi di funzionamento e circuiti equivalenti dei motori asincroni
- Principi costruttivi, principi di funzionamento e circuiti equivalenti dei motori brushless DC (BLDC) e AC (BLAC)
- Cenni sul controllo delle macchine sincrone

#### Scelta dell'azionamento:

- Principio di funzionamento dei convertitori per il controllo dei motori
- Guida ai parametri fondamentali dei convertitori
- Guida alla lettura datasheet motore e convertitore
- Accoppiamento corretto motore convertitore – esempi

### GIOVEDI 22 FEBBRAIO 2024, 9:00 – 16:00

#### Sistemi di accumulo per azionamenti elettrici:

- Parametri fondamentali e principio di funzionamento delle batterie al litio
- Modelli equivalenti delle batterie
- Esempio di dimensionamento del pacco batterie
- Supercondensatori, principio di funzionamento e parametri fondamentali
- Fuel cells, principio di funzionamento e parametri fondamentali

## MODULO AVANZATO – 21 ORE

### MARTEDI 28 MAGGIO 2024, 9:00 – 17:00

#### Controllo delle macchine sincrone:

- Richiami su principi costruttivi e di funzionamento
- Strategie di controllo in assi d e q
  - Macchine a magneti permanenti superficiali
  - Macchine a magneti permanenti interni
  - Macchine a riluttanza
  - Macchine a campo avvolto

#### Controllo delle macchine sincrone:

- Modelli in assi d e q
- Esempi di simulazione in ambiente Simulink/Plecs

### MARTEDI 4 GIUGNO 2024, 9.00 – 17.00

#### Progettazione delle macchine elettriche:

- Richiami sui materiali e linee guida
- Analisi degli avvolgimenti
- Formule di dimensionamento

#### Progettazione agli elementi finiti delle macchine elettriche:

- Esercizio pratico di dimensionamento
- Esercizi in ambiente di simulazione agli elementi finiti

### MARTEDI 11 GIUGNO 2024, 9:00 – 17:00

#### Convertitori di potenza:

- Introduzione ai dispositivi di potenza
- Parametri fondamentali nella selezione dei dispositivi di potenza dei convertitori
- Architetture di convertitori per azionamenti elettrici
- Modulazione PWM

#### Convertitori DC/AC (Inverter):

- Modulazione SPWM e SVM per convertitori DC/AC
- Iniezione di terza armonica nei convertitori DC/AC trifase
- Esempi di funzionamenti in ambiente Simulink/Plecs

*\*Per la partecipazione al modulo avanzato è richiesta la precedente partecipazione al modulo base (anche degli anni passati) oppure:*

*- conoscenze base di elettrotecnica e teoria dei controlli;*

*- conoscenze specifiche sui principi costruttivi, principi di funzionamento ed equazioni fondamentali delle macchine elettriche sincrone e asincrone a flusso radiale;*

*- conoscenze di base dei dispositivi e convertitori elettronici di potenza.*

# MOTORI, AZIONAMENTI ELETTRICI E SISTEMI DI ACCUMULO: dalle applicazioni industriali alla mobilità, dalle batterie alle fuel cells

## DATI DI ISCRIZIONE DEL PARTECIPANTE

Cognome e nome.....  
Telefono.....Cell. ....E-mail.....  
Titolo di studio.....  
Ruolo ricoperto all'interno dell'azienda.....

### AZIENDA DI APPARTENENZA (in caso di partecipazione a titolo aziendale)

Ragione sociale .....Partita I.V.A./C.F.....Codice SDI.....  
Attività dell'azienda.....  
Indirizzo.....CAP.....Comune.....Prov.....  
N. dipendenti .....Tel .....Fax .....E-mail.....

### DATI PER LA FATTURAZIONE (compilare solo se differenti rispetto ai dati dell'azienda)

Intestazione e indirizzo.....  
Partita I.V.A./ C.F.....Codice SDI.....

### QUOTA DI PARTECIPAZIONE (barrare la scelta)

#### Prezzo intero

- Modulo 1    1.200 € + Iva  
 Modulo 2    950 € + Iva

#### Prezzo Soci Democenter e Associati Federunacoma

- Modulo 1    1.080 € + Iva  
 Modulo 2    855 € + Iva

#### Prezzo secondo iscritto

- Modulo 1    ~~1.200~~ € 1080 € + Iva  
 Modulo 2    ~~950~~ € 855 € + Iva

#### Prezzo secondo iscritto per Soci Democenter e Associati Federunacoma

- Modulo 1    ~~1080~~ € 972 €+ Iva  
 Modulo 2    ~~855~~ € 770 €+ Iva

*\*Si applica uno sconto del 10% a partire dal 2° iscritto per ogni modulo.*

## MODALITÀ DI ISCRIZIONE

L'iscrizione dovrà avvenire entro il 3° giorno lavorativo antecedente l'inizio del corso. L'iniziativa verrà realizzata al raggiungimento del numero minimo di 8 iscritti. In caso di mancato raggiungimento di tale numero, Fondazione Democenter-Sipe si riserva la facoltà di disdire il corso, comunicandolo all'indirizzo del partecipante entro 2 giorni dalla data di inizio prevista. In tal caso, al partecipante/azienda che ha già provveduto al pagamento della quota di iscrizione verrà offerta la possibilità di partecipare ad un altro corso o verrà restituita la quota di iscrizione.

La presente scheda dovrà essere inviata alla Fondazione Democenter-Sipe via email all'indirizzo: [formazione@fondazionedemocenter.it](mailto:formazione@fondazionedemocenter.it). Per chiarimenti è possibile contattare la Fondazione Democenter allo 059 2058153.

## CONDIZIONI DI PAGAMENTO

La quota di iscrizione deve essere versata al momento della conferma del corso. Il pagamento deve essere effettuato mediante bonifico Bancario intestata a **Fondazione Democenter-Sipe codice IBAN: IT44C0538712905000000551764 presso Banca Popolare dell'Emilia - Romagna, Ag. 5 di Modena**. Fondazione Democenter-Sipe provvederà all'invio della fattura elettronica al ricevimento della quota di iscrizione.

## DISDETTA DELLA PARTECIPAZIONE

Qualsiasi rinuncia deve pervenire, in forma scritta, entro 4 giorni lavorativi dall'inizio del corso. In caso di rinuncia pervenuta dopo tale termine o di mancata presenza del partecipante ad inizio corso o di ritiro durante lo stesso Fondazione Democenter è autorizzata a trattenere l'intera quota se già versata.

I dati raccolti saranno trattati ai sensi del regolamento europeo sulla protezione dei dati (Reg. UE 2016/679).

Per maggiori informazioni sul trattamento, sulla privacy e sui diritti esercitabili vedi anche l'informativa sul sito [www.democentersipe.it/privacy/](http://www.democentersipe.it/privacy/)

Si fornisce il consenso al trattamento dei propri dati personali in riferimento all'informativa ricevuta

SÌ     NO

Data .....

Timbro e firma .....